

コンクリート用高炉スラグ骨材の製造と利用技術

Production and Use Technology of the Blast Furnace Slag Aggregate for Concrete

宮本 孝行* Takayuki MIYAMOTO 鳥井 孝一 Koichi TORII 赤羽 健一 Kenichi AKAHANE 林口 幸子 Sachiko HAYASHIGUCHI

抄 録

コンクリート用高炉スラグ骨材は、JIS 化以降 30 年以上経過しているが、一般への普及には遠く及ばず、新日鉄住金(株)の販売量は年間 100 万 t 程度に止まっている。循環型社会へ向けた取組みが展開される中、リサイクル材料の有効活用のニーズは高く、転圧コンクリート舗装の粗骨材としての利用検討、高炉徐冷スラグのコンクリート用細骨材の適用検討等、最近の高炉スラグ骨材の利用拡大へ向けた取組みを紹介した。転圧コンクリート舗装への適用検討では、施工時の品質管理、および供用 6 か月後の追跡調査による高炉徐冷スラグの適用性について述べた。また、高炉スラグ細骨材の利用上の課題と解決へ向けた取組み例や、高炉徐冷スラグのコンクリート用細骨材の製造法とコンクリート二次製品への適用評価について述べた。

Abstract

Despite JIS adoption more than 30 years ago, the popularization of blast furnace slag aggregate for concrete has not yet been realized, and sales of this aggregate at Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation still stand at around 1 million tons a year. In the pursuit of a recycling-oriented society, the need for the effective use of recycled materials is high. Against this backdrop, we have introduced recent initiatives with an aim toward the expanded use of such blast furnace slag aggregate, including the performance of a study on the use of blast furnace slag aggregate as coarse aggregate for rolled concrete pavement, along with a study on the application of air-cooled slag for fine aggregate for concrete, etc. In the study discussion on use for rolled concrete pavement, we described quality control during production and the applicability of air-cooled slag in accordance with follow-up research conducted after six months from the beginning of use. We also discussed the problems of using fine slag aggregate and provided examples of our approach toward resolutions. In addition, we also discussed the production method of fine aggregate for concrete from air-cooled slag and made an evaluation on the applicability of air-cooled slag for secondary concrete products.

1. はじめに

高炉で鉄鉱石を熔融、還元する際に発生する高炉スラグは、鉄鉄 1 t 当り約 300 kg 生成し、我が国における総生産

量は年間 2400 万 t 以上に及んでいる。高炉スラグは図 1 に示すように、熔融スラグをピットやヤードに放流して製造される徐冷スラグと熔融スラグに水を吹き付けて製造される水砕スラグとに大別され、外観は、前者が碎石状、後

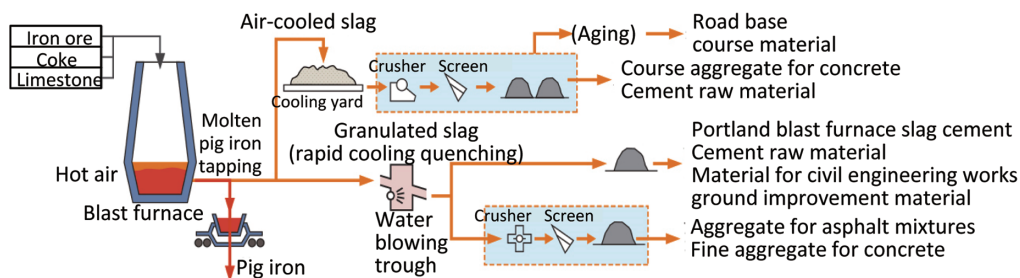


図 1 高炉スラグの製造フロー
Production flow of the blast furnace slag

* スラグ・セメント事業推進部 市場開拓室 主幹 東京都千代田区丸の内 2-6-1 〒100-8071

者が砂状である。コンクリートの骨材として使用される高炉スラグ粗骨材は、徐冷スラグを破碎したのち粒度調整して製造され、また、高炉スラグ細骨材は、水砕スラグを軽破碎によって粒形を整えたのち粒度調整して製造される。

コンクリート用高炉スラグ骨材（粗骨材および細骨材）の技術開発は1970年代より行われ、1977年には、JIS A 5011“コンクリート用高炉スラグ粗骨材”が、1981年には、JIS A 5012“コンクリート用高炉スラグ細骨材”が制定されている（その後、JIS A 5011-1“コンクリート用スラグ骨材 - 第一部：高炉スラグ骨材”として統合）。その後、1983年に土木学会および日本建築学会より高炉スラグ骨材をコンクリートの骨材として利用する設計・施工に係る技術基準が制定され、2013年には日本建築学会“高炉スラグ細骨材を用いるコンクリートの調査設計・施工指針・同解説”へ高炉スラグ細骨材を60N/mm²までの高強度コンクリートでの使用が明記されるに至っている（表1）。

高炉スラグ骨材の新日鐵住金(株)での販売実績（自家使用含む）は、2000年代前半は年間150万tの規模を有していたが、最近では骨材需要の低迷（2011年の骨材需要は264百万t²⁾）から年間100万tを割っており（図2）、新た

表1 コンクリート用高炉スラグ骨材の規格化
Standardization of the blast furnace slag for concrete

1977	JIS A 5011 Air Cooled Iron Blast Furnace Slag Aggregate for Concrete
1981	JIS A 5012 Water Granulated Iron Blast Furnace Slag Aggregate for Concrete
1983	Japan Society of Civil Engineers and Architectural Institute of Japan, Practice of Concrete with Blast Furnace Slag Fine Aggregate
1997	JIS A 5011-1 Slag Aggregate for Concrete, Part 1: Blast Furnace Slag Aggregate (JIS A 5012 was integrated with JIS A 5011.)
2002	Blast furnace slag aggregate is designated under Law on Promoting Green Purchasing for Public Works.
2013	Architectural Institute of Japan, Practice of Concrete with Blast Furnace Slag Fine Aggregate, An application method to high strength concrete was prescribed.
2013	A rule of the environmental safe quality and the laboratory procedure.

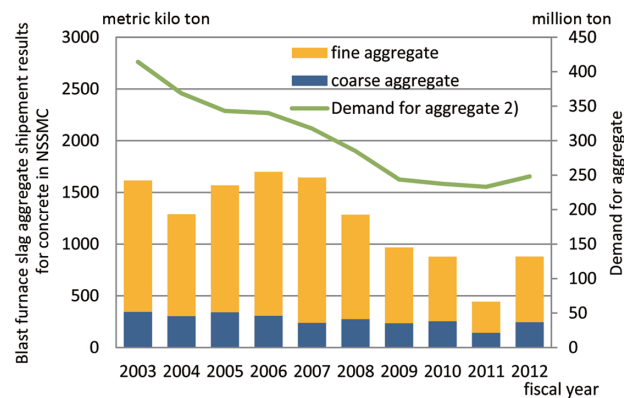


図2 新日鐵住金のコンクリート用高炉スラグ骨材利用実績
Blast furnace slag aggregate shipment results for concrete in Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation

な用途開拓が必要となってきている。

本報では、転圧コンクリート舗装への高炉スラグ粗骨材の適用、天然砂代替としての高炉スラグ細骨材の利用促進のための利用技術検討を例に、最近の高炉スラグ骨材の利用に関する取組み状況を紹介する。

2. 粗骨材利用技術

2.1 転圧コンクリート舗装（RCCP）への適用検討

近年、長期耐久性に優れ、LCC（Life Cycle Cost）低減が期待できるとしてコンクリート舗装が注目されており³⁾、資源循環の観点からリサイクル材の利用検討もなされるようになってきている。そこで、高炉徐冷スラグ粗骨材の活用によるLCCへの貢献を狙いとしてRCCP舗装への適用性を検討した。

2.2 使用材料、配合条件

(1) 目標性能

設計基準曲げ強度は一般的なRCCPの4.4N/mm²とし、目標とする配合曲げ強度は締固めの変動に対する割増し強度0.8N/mm²を加えたものに、割増係数1.09を乗じた5.7N/mm²とした。フレッシュ性状は、“舗装調査・試験法便覧”B072-2“転圧コンクリートのコンシステンシー試験方法”に従いVC（Vibrating Compaction）振動締固め試験により検討し、舗設時の修正VC値が50±10秒の範囲に入るように配合を決定した。

(2) 使用材料

使用材料を表2、使用した骨材の物性値を表3に示す。粗骨材は新日鐵住金鹿島製鉄所産の高炉徐冷スラグ粗骨材、細骨材は鹿嶋産の陸砂を用いた。

(3) 配合の検討

室内ミキサで事前に試験練りを行った（室温20℃）。検討した配合を表4に示す。本検討では、単位セメント量を280, 300および320kg/m³の3水準とし、それぞれについて、

表2 使用材料
Use materials

Material	Character	Term	Density (g/cm ³)
Water	W	Upper tap water	—
Cement	C	Portland blast furnace slag cement (B)	3.04
Fine aggregate	S	Land sand	2.63
Course aggregate	G	Blast furnace slag course aggregate	2.60
admixture	Ad	AE (air entraining) water reducing agent (with a lignin sulfonic acid compound complex of the polyol)	—

表3 使用骨材の種類と物理的性質
Kind and physical property of the use aggregate

Classification	Density (g/cm ³)		Water absorption (%)	solid volume (%)	Abrasion volue (%)
	D _s	D _D			
G Blast furnace slag course aggregate	2.60	2.54	2.42	54.6	33.1
S Land sand	2.63	2.59	1.47	68.0	—

D_s : saturated and surface-dry condition

D_D : oven-dry condition

表4 単位水量検討配合
Combination for unit quantity of water examination

No.	s/a (%)	W/C (%)	Unit quantity (kg/m ³)				Ad (C×%)
			W	C	S	G	
A-1	43.0	33.9	95	280	919	1205	0.25
A-2		39.3	110		902	1182	
A-3		44.6	125		885	1160	
B-1	43.0	33.3	100	300	906	1188	
B-2		36.7	110		895	1173	
B-3		40.0	120		884	1158	
C-1	43.0	32.8	105	320	893	1170	
C-2		35.9	115		882	1156	
C-3		39.1	125		870	1141	

s/a : sand-total aggregate ratio

表5 決定配合
Decision of the combination

No.	s/a (%)	W/C (%)	Unit quantity (kg/m ³)				Bending strength (N/mm ²)		
			W	C	S	G	3 days	7 days	28 days
1	43.0	41.1	115	280	897	1175	3.24	4.04	4.56
2	43.0	37.7	113	300	892	1168	3.60	4.41	5.24
3	43.0	35.9	115	320	882	1156	4.07	4.86	5.73

VC 振動締固め試験を行った。VC 振動締固め試験結果から、運搬時間を60分と仮定し、60分後の修正VC値が50秒となる単位水量を求め配合を決定した。決定した配合により曲げ強度試験を行った結果を表5に示す。同表より、材令28日における曲げ強度が目標とする配合曲げ強度5.7N/mm²を満足する配合はNo.3のW/C35.9%、単位セメント量320kg/m³であることを確認した。

2.3 施工性の確認

高炉スラグ粗骨材を使用したRCCP (Roller-Compacted Concrete for Pavement) の製造、運搬、舗設などの施工性および供用後のひび割れ発生の有無などを確認するため、構内試験施工を実施した。

(1) 施工条件

- 施工日：2011年12月11日(日)
- 場所：新日鐵住金鹿島製鉄所内 製品ヤード
- 施工規模：幅員5.65m×延長24m×2レーン(目地

間隔5m)

- 舗装構成：鉄鋼スラグ路盤材20cm、表層高炉スラグ粗骨材RCC版20cm

(2) 配合

施工当日のコンクリートの配合は表5 No.3の配合による。

(3) 施工概要

高炉スラグ粗骨材を使用したRCCPは、ダンプトラックで搬入し、荷台には、2重シートをかけ、運搬中の水分の蒸発を抑制した。敷均しは、高密締固め型アスファルトフィニッシャーにて行い、敷均しの速度は、0.8m/min、余盛量は5~7%とした。敷均し後、初期転圧後および仕上げ転圧後に散乱型RI(ラジオアイソトープ)密度水分計により、締固め度を測定した。その結果、アスファルトフィニッシャー通過後の締固め度で96.3%が得られ、良好な締固めができた(写真1)。

初期転圧および二次転圧は、8tの水平・垂直振動ローラを使用し、仕上げ転圧は、8.5tの振動タイヤローラを使用した。初期転圧後の締固め度で97.5%、仕上げ転圧後の締固め度で99.8%が得られ、良好な締固めができた。養生は、被膜養生剤を散布し、養生マットを敷設および散水を行い、施工翌日にカッター目地を施工した。

(4) 品質管理結果

出荷時の品質管理試験として、VC振動締固め試験および曲げ強度試験を行っており、修正VC値は製造直後で36秒、30分後で51秒、60分後で49秒、曲げ強度は材令28日で5.9N/mm²と目標値を満足した。

2.4 追跡調査結果

供用前と供用6か月後に追跡調査を行った。追跡調査の項目は①横断形状 ②平坦性 ③ひび割れ ④目地の段差 ⑤すべり抵抗 ⑥路面定点観察の6項目で、測定箇所を図3に示す。



写真1 アスファルトフィニッシャーによる敷均し Roller after spreading the material with an asphalt finisher

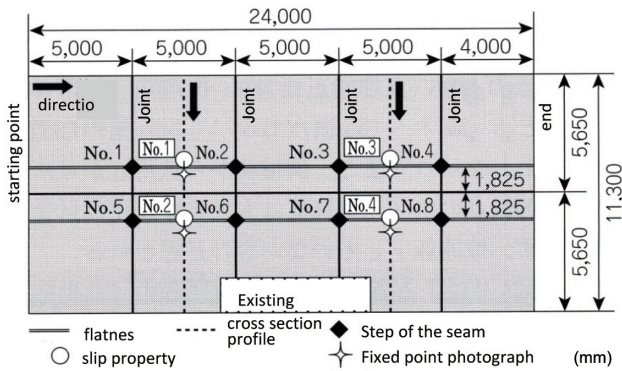


図3 調査測定箇所
Investigation and measurement spot

表6 平坦性調査結果
Flatness-related investigation

Item	Period for investigation	1 lane	2 lane
Flatness (mm)	In-service front	3.33	4.23
	In-service six months later	3.88	4.43

(1) 平坦性

平坦性の結果を表6に示す。供用前と6か月後の平坦性は同程度であり、供用による変形や平坦性の変化は認められなかった。尚、平坦性の測定精度は測定対象区間の長さによって変化し、精度の良い平坦性を得るためには、区間長を100m以上とする必要があるとされている⁴⁾。本試験施工は、施工延長が24mと短いため、一般的な基準値2.4mmより大きく測定されたが、車両の走行等に支障をきたすものではなく、問題はないと考えている。

(2) ひび割れ

供用前、養生初期に生じるプラスチック収縮ひび割れは確認されなかった。また、供用6か月後の調査においても構造上問題となるひび割れ等は、確認されなかった。

(3) 目地の段差

供用前および供用6か月後の調査で目地部の変化は観察されなかった。

(4) すべり抵抗性

振り子式スキッドレジスタンステストによるすべり抵抗値(BPN)の測定結果を図4に示す。図4の値は路面温度20℃に補正したすべり抵抗値を示している。各測点のBPN(温度補正後)は、供用前、供用6か月後ともに、すべての測点ですべり抵抗値の目標値60以上となった。また、供用前から供用6か月における各測点のすべり抵抗値にも大きな変化は見受けられず、機能低下していないものと思われる。

さらに、DF(Dynamic Friction)テストによる動的摩擦係数の測定を行っている。供用前、供用6か月後において、

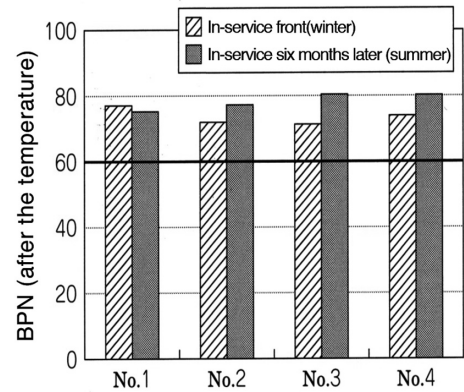


図4 BPNの測定結果(温度補正後)
Result of a measurement of BPN (after the temperature correction)

測定速度40km/h、60km/h、80km/hの3速度において計測した結果は、すべての測点で動的摩擦係数の目標値0.3以上となる値を確認した。また、供用前から供用6か月における各測点の動的摩擦係数の変化はわずかであり⁵⁾、機能低下していないと考えられる。

2.5 まとめ

高炉スラグ粗骨材のRCCPへの適用性を検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- ①室内試験では、室内温度20℃の条件下でプラントから現場への運搬時間を60分と仮定して配合設計を行ったところ、単位水量115kg/m³、単位セメント量320kg/m³となった。
- ②実際の施工では、舗設時の修正VC値51秒を得ることができた。また、曲げ強度は材令28日で5.9N/mm²と目標値を満足した。
- ③敷均しは、高締固め型アスファルトフィニッシュ通過後の締固め度で96%、初期転圧後の締固め度で97.5%、仕上げ転圧後の締固め度で99.8%が得られ、良好な締固めができた。
- ④供用前、供用6か月までの調査では、段・ひび割れ等の発生やすべり抵抗の大きな変化はなく、機能低下等は認められなかった。

以上の結果より、高炉スラグ粗骨材のRCCPへの適用検討においては、製造、出荷、運搬は問題なく、施工性も良好であることを確認した。今後も定期的な調査を行い、高炉スラグ粗骨材を使用したRCCPの経年による供用性の把握と適用範囲拡大を図るためのデータ蓄積に取り組み、高炉徐冷スラグ粗骨材のRCCPへの適用性を評価してゆく。

3. 細骨材利用技術

3.1 高炉水砕スラグのコンクリート細骨材としての課題

- 1) 高炉スラグ細骨材は、溶鉱炉で出銑後、比重分離された熔融スラグを操業床にて水砕化する炉前法にて殆どが生

産されるが、一部の工場では溶融スラグを一旦鍋車に受け、専用プラントまで輸送したのち水砕化する炉外法でも製造されている。このようにして製造される高炉スラグ細骨材は潜在水硬性を有するため、保管条件によっては固結する場合がある。出荷後使用するまでの間、これを防止できる安価な方策を見出しておくことが求められる。

2) 近年、山砂や砕砂などの細骨材は、粒度を改善するために2～3種類混合して使用されることがあるが、高炉水砕スラグ細骨材のJISは、粒度改善用に用いられることを想定して4種類の粒度を規格化している。混合利用についてはユーザーの責任において技術基準類⁹⁾に従ったコンクリートの製造管理がなされているが、製造所近隣で利用されている天然骨材や碎石の特性を踏まえて高炉スラグ細骨材の混合に関する技術データを蓄積しておくことは利用を促進させる上で重要なことであると考えられる。

3.2 高炉水砕スラグ細骨材に関する取組み例

高炉水砕スラグのコンクリート細骨材としての主な課題は前述の2点であるが、それら課題解決へ向けた取組みの例を以下に紹介する。

1) 固結遅延技術の例

高炉スラグ細骨材の固結遅延には、製造所毎の特性に応じて固結遅延剤を散布している。高炉スラグの固結は、セメントの凝固と同じくCaO-SiO₂-H₂O水和物の生成によるものと考えられているので、遅延剤の選定にあたってはセメントの凝結遅延剤の中から比較選定し、実フィールドでの効果を確認している⁷⁾。

また、固結遅延剤の遅延効果を定量的に把握する研究もなされており⁸⁾、その中で、遅延剤の1つであるグルコン酸ナトリウムの固結遅延作用は、Langmuir-Freundlich型の吸着によると考えられ、吸着等温式の適用によって固結遅延効果を定式化し、添加量の依存性を明らかとしている。

2) 天然砂の粒度改善の検討例

高炉スラグ細骨材を他の細骨材と混合して使用する場合、高炉スラグ細骨材の混合率は地域による違いはあるが

10～60%の割合で混合使用されているとされている⁹⁾。このようなレンジの広い混合率におけるコンクリートの基礎物性を明らかにするため、種々の天然砂に対して高炉スラグ細骨材の混合率を20～80%と変化させた場合のスランプや圧縮強度との関係を調べている¹⁰⁾。この中で、高炉スラグ細骨材混合率とスランプや圧縮強度には明瞭な関係は見られないが、混合細骨材の実績率とスランプには正比例の関係が見られることを明らかにしている。

3.3 高炉徐冷スラグのコンクリート用細骨材開発

(1) 細骨材化への技術課題

粒径5mm未満の高炉徐冷スラグをコンクリート用細骨材として利用するには、①JIS A 5011-1規格相当を満足する品質が可能か、②高炉徐冷スラグから細骨材を生産するため、JIS認定対象外の製品となるが、同細骨材を使用した商品化が可能か、が課題となる。

そこで、課題①に対しては、製造方法を改善することで解決を図り、課題②に対しては、コンクリート二次製品用途の細骨材として技術認定を得て、自治体のリサイクル製品の認定を取得することで商品化を達成した。以下、本検討について簡潔に述べる。

(2) 製造法の改善

従来の高炉徐冷スラグの製造プロセスでは微粒分が多く、粒度分布において所定の品質が満足できない。そこで、破碎整粒プラント処理後のスラグ(粒径<20mm)に対して、

①湿式の振動篩機を導入

②サイクロン遠心分離機の活用

を施した設備(以下、湿式分級プラントと称す)による製造プロセス開発を実施した。

1) 装置構成

図5に湿式分級プラントの概略を示す。破碎整粒した高炉徐冷スラグを分級する湿式篩14、16を有し、この湿式篩の篩下を遠心分離する湿式サイクロン18を有する設備構成とした。

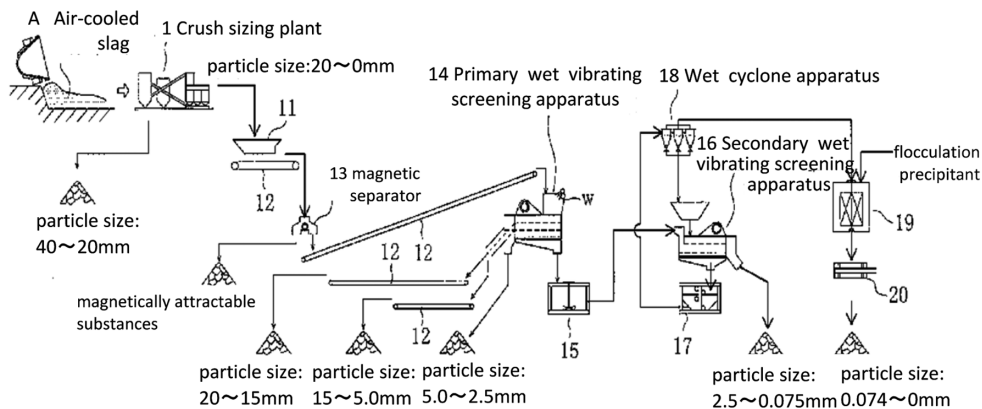


図5 湿式分級プラント概略図
Wet process classification plant diagrammatical view

2) 湿式振動篩機

製品保管時の微粒分の偏析による粒度分布に関する要求品質を満足させるため、湿式篩方式を採用し微粒分の洗浄除去を行う(図6)。

3) サイクロン遠心分離機

2次の湿式振動篩機のスラグ混合水循環経路にサイクロン遠心分離技術(図7)を用いることで、2.5mm未満の粒径スラグから、細骨材を分離回収することを可能とした。

4) 生産性

本設備を導入した和歌山製鉄所での分級能力の検証の結果、従来以上の分級能力を有することを確認している。

(3) 高炉徐冷スラグ細骨材の技術認定

1) 高炉徐冷スラグ細骨材の基本性能

表7に開発した高炉徐冷スラグ製品のJISとの比較を示

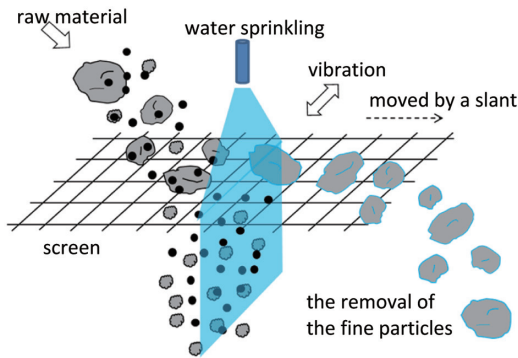


図6 湿式篩方式による篩分けイメージ図

Figure of screening image by the wet process screening method

す。粗粒率および微粒分量は改善され JIS 相当を十分満足する値が得られた。

2) 高炉徐冷スラグ細骨材の成分

表8に開発した高炉徐冷スラグの化学成分を示す。従来より JIS で認定、製品販売している粒径5~20mmの粗骨材を製造する際に発生する篩下を利用しているため、成分による品質問題は無い。

3) コンクリート二次製品への適用検討

JIS A 5011-1 では、高炉スラグ細骨材は熔融スラグを急冷して粒度調整したものと規定されている。一方、本開発の細骨材は徐冷スラグから製造するため、JIS 認定対象外の商品となる。そこで、コンクリート二次製品の JIS 適合品として認定取得を目指し、和歌山県コンクリート製品協同組合、日鐵住金鉱化(株)(現 日鉄住金スラグ製品(株))、新日鐵住金の3社が共同してコンクリート二次製品用細骨材としての品質評価を実施した。

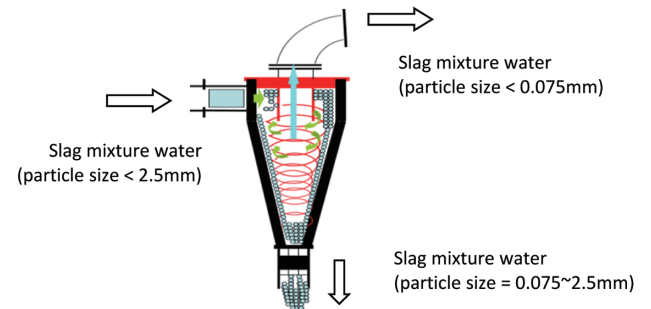


図7 サイクロン遠心分離機イメージ図

Figure of cyclone centrifuge image

表7 高炉徐冷スラグ製品の JIS との比較

Comparison with the Japanese Industrial Standards of the blast furnace air-cooled slag product

Test items	JIS A5011-1 (BFS2.5)	New product (wet process screening)		Reference (dry process screening)	
		Acceptance	Value	Acceptance	Value
Fineness modulus	Dispersion $\leq \pm 0.2\%$	○	<math>< \pm 0.1</math> (2.1 - 2.2)	×	± 0.5 (2.3 - 3.3)
Mass of unit volume (kg/l)	> 1.45	○	1.7 - 1.8	○	1.7 - 1.8
Density in absolutely dry condition (g/cm ³)	> 2.5	○	2.75 - 2.81	○	2.82 - 2.88
Water absorption (%)	≤ 3.5	○	1.7 - 2.6	○	1.2 - 2.7
Finer than 75μm sieve (%)	≤ 7	○	3.8 - 6.4	×	9 - 14

Acceptance : ○... Pass ×... Fail

表8 高炉スラグの化学成分値

Chemical ingredient level of the blast furnace slag

Test items	JIS A5011-1 (BFS2.5)	Air-cooled slag fine aggregate		Blast furnace slag fine aggregate blast furnace slag course aggregate		
		Acceptance	Value	Acceptance	Value	
Chemical composition (%)	CaO	≤ 45.0	○	38 - 42	○	Avg. 42
	S	≤ 2.0	○	0.5 - 0.8	○	Avg. 0.7
	SO ₃	≤ 0.5	○	0.10 - 0.44	○	Avg. 0.3
	FeO	≤ 3.0	○	0.5 - 0.7	○	Avg. 1.2

Acceptance : ○... Pass ×... Fail

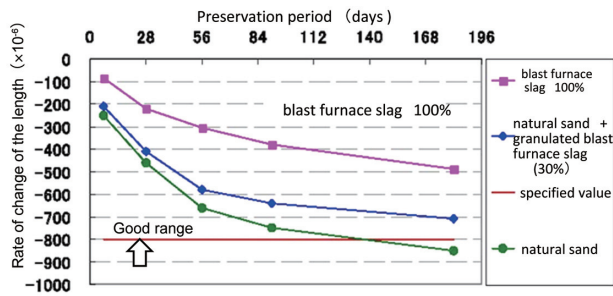


図8 骨材種類と長さ変化率の関係

Relations of kind of the aggregate and the rate of change of the length

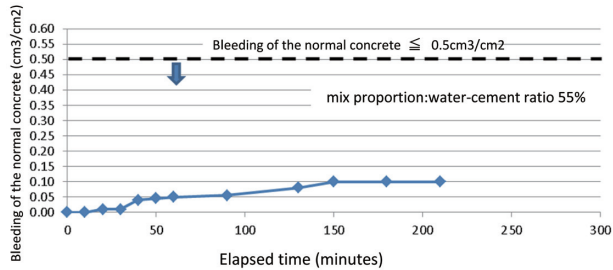


図9 ブリーディング量の経時変化

Relations of elapsed time and bleeding

4) 品質評価結果

① 乾燥収縮性の評価

図8に試験体の保存期間と長さ変化率の関係を示す。本開発の高炉徐冷スラグ細骨材は乾燥収縮性に優れていることが確認された。

② フレッシュコンクリート性状の評価

フレッシュ性状（作業性および操作性）試験としてスランプ試験を実施した結果、適度な流動性を保ち、骨材分離も無く、ブリーディングの発生も極めて少ない良好な性状であることが確認された（図9）。

③ コンクリート二次製品としての評価

表9にコンクリート二次製品における品質評価結果の例を示す。材料強度など、品質上問題が無い結果が得られた。

5) 認定他

前述の品質評価の結果、高炉徐冷スラグ細骨材を用いたプレキャストコンクリート製品は、JIS 適合品として承認され、2009年12月7日付けで和歌山県リサイクル認定（有筋コンクリートおよび無筋コンクリート）を取得でき、多数の採用に至っている。また、平成24年度資源循環技術・システム表彰（経済産業省）の奨励賞を受賞した。

3.4 まとめ

① 高炉スラグ細骨材の固結遅延には、セメントの凝結遅延剤が有効であり、遅延効果は吸着等温式の適用により定式化が可能で、固結遅延時間はその添加量に依存することを示した。また、高炉スラグ細骨材を他の骨材と混合して使用する場合、混合細骨材の実績率とスランプに正

表9 コンクリート二次製品の JIS 特性評価結果
Characteristic evaluation result as concrete secondary products

(example: pre-cast U type gutter)

Item	Specification	Evaluating results	
Strength of materials	Compression strength thereof after two weeks (JIS A 5372)	○	Avg. 38.0 N/mm ²
	Water-cement ratio (JIS A 5364)	○	Mix proportion design 49%
Durability of concrete secondary products	Total amount of alkali (JIS A 5308)	○	Avg. 2.2 kg/m ³
	Quantity of chloride ion (JIS A 5364)	○	Avg. 0.04 kg/m ³
Bending strength	Thing at prescribed bending strength load without the crazing (JIS A 5372)	○	No crazing in 18 kN

比例の関係が見られることなどのコンクリートの基礎物性の例を示した。

② 湿式分級プラントの導入により JIS 相当を満足できる高炉徐冷スラグ細骨材の生産を可能とし、また、高炉徐冷スラグ細骨材を用いたコンクリート二次製品の JIS 適合品として承認されたことにより一般販売を可能としている。

4. おわりに

以上、コンクリート用高炉スラグ骨材の利用拡大に向けた最近の取組みを紹介した。

高炉スラグ骨材は、JIS 化以降 30 年以上経過し、利用実績を上げながら有用な建設用資材であることが認知されてきてはいるものの、現在以上の普及を図るため需要家と連携した利用技術への取組みが不可欠である。これからの社会的要請に応えるためにも高炉スラグ骨材の用途開発や需要開拓、さらには製造プロセスの革新へ向けた取組みを継続する必要がある。

謝 辞

本論で紹介した高炉スラグ粗骨材の適用では、住友大阪セメント(株)、大林道路(株)の方々に、高炉水砕スラグの固結遅延剤検討では、太平洋セメント(株)の方々に、高炉徐冷スラグ細骨材の開発では、和歌山県コンクリート製品協同組合の方々に多大なご尽力をいただきました。関係各位に紙面を借りて深く感謝いたします。

参照文献

- 1) 鉄鋼スラグ協会：鉄鋼スラグ統計年報。2013年7月
- 2) 国土交通省：平成25年度 主要建設資材需要見通し。2013年6月28日
- 3) 例えば、コンクリート舗装の整備の変遷とその背景。建設マ

- ネジメント技術. 2013年2月号, 32(2013)
- 4) (社)日本道路協会: 舗装調査・試験法便覧 第1分冊. 2006, p. 151-152
- 5) 舗装. 48(5), 10(2013)
- 6) 日本建築学会: 高炉スラグ細骨材を使用するコンクリートの調合設計・施工指針・同解説. 2013 など
- 7) 新日鉄技報. (376), 48-49(2002)
- 8) 平井 ほか: 高炉水砕スラグに対する固結遅延剤の遅延効果評価. Cement and Concrete Technology. No. 63, 2009
- 9) 日本建築学会: 高炉スラグ細骨材を使用するコンクリートの調合設計・施工指針・同解説. 2013, p. 23
- 10) 新日鉄技報. (376), 49-50(2002)



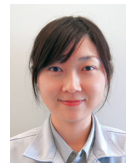
宮本孝行 Takayuki MIYAMOTO
スラグ・セメント事業推進部
市場開拓室 主幹
東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071



赤羽健一 Kenichi AKAHANE
鹿島製鉄所 資源エネルギー部
リサイクル推進室長



鳥井孝一 Koichi TORII
和歌山製鉄所 環境・エネルギー部
リサイクル技術室長



林口幸子 Sachiko HAYASHIGUCHI
住友大阪セメント(株)
セメント・コンクリート研究所